

Eficiencia de *Nasturtium officinale* W. T. Aiton y *Zantedeschia aethiopica* L. en la remoción de materia orgánica de aguas residuales domésticas
Efficiency of *Nasturtium officinale* W. T. Aiton and *Zantedeschia aethiopica* L. in the removal of organic matter from domestic wastewater

Lesly Llocely Herrera Chavez¹

RESUMEN

El estudio de plantas acuáticas con potencial biorremediador de aguas residuales, permite conocer su aplicación en zonas rurales. El principal objetivo de este estudio fue comparar la eficiencia de las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* y *Zantedeschia aethiopica* en el tratamiento del agua residual doméstica. Para llevarlo a cabo se diseñó e implementó el sistema de tratamiento con ambas especies consistente en estanques de vidrio, con sustrato de carbón de leña, arena y grava; donde se sembraron las especies acuáticas citadas; se procedió con el período de adaptación de ambas especies. Luego se realizaron los análisis fisicoquímicos de las muestras antes y después del tratamiento, obteniendo los datos y realizando un análisis de T-Student y gráficos estadísticos. Se encontró que la planta acuática *Zantedeschia aethiopica* es más eficiente para remover la materia orgánica, ya que esta alcanzó un 89%, a diferencia de *Nasturtium officinale* obtuvo un 79.5% de remoción en promedio.

Palabras clave: Agua residual, plantas acuáticas, eficiencia.

ABSTRACT

The study of aquatic plants with potential bioremediation of wastewater, allows us to know its application in rural areas. The main objective of this study was to compare the efficiency of the aquatic plants *Nasturtium officinale* and *Zantedeschia aethiopica* in the treatment of domestic wastewater. To carry it out, the treatment system was designed and implemented with both species consisting of glass ponds, with a substrate of charcoal, sand and gravel; where the mentioned aquatic species were sown; we proceeded with the adaptation period of both species. Then the physicochemical analyzes of the samples were carried out before and after the treatment, obtaining the data and performing a T-Student analysis and statistical graphs. It was found that the aquatic plant *Zantedeschia aethiopica* is more efficient to remove organic matter, since it reached 89%, unlike *Nasturtium officinale* it obtained a 79.5% removal on average.

Keywords: Waste water, aquatic plants, efficiency

¹Bachiller de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: llosely.06@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

En varios departamentos del Perú, la disposición final inadecuada de las aguas residuales domésticas sin previo tratamiento, está causando problemas sanitarios de gran envergadura (Garrido, et al 2013), además originando impactos negativos a cuerpos de aguas superficiales receptores, tales como eutrofización y malos olores, (Correia, Gebara & Matsumoto, 2013).

Pero en la actualidad se han realizado estudios con humedales con especies de plantas acuáticas sumergidas, con potencial fitorremediador de aguas residuales, debido a que existe una serie de investigaciones realizadas como antecedentes en varios países, donde utilizaron especies como *Nasturtium Officinale*, *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Azolla*, *Zantedeschia aethiopica*, entre otros, como tratamiento de aguas residuales (Carballeira, et al 2016) alcanzando niveles altos en la remoción de contaminantes orgánicos en términos de porcentaje y concentración.

Para la depuración en dichos sistemas se han usado especies de plantas acuáticas flotantes, enraizadas y humedales construidos (Reed, et al 1995), que incluyen una serie de sucesos físicos, químicos, biológicos, agua residual y más las plantas acuáticas ya sea sumergidas o flotantes (García, Paredes & Cubillos, 2013), alcanzando niveles altos de eliminación de estos contaminantes orgánicos (Romero, et al., 2009).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tratamientos aplicados en la investigación

Para la ejecución de la investigación se utilizó 2 tratamientos con las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* “berro” y *Zantedeschia aethiopica* “cartucho” y otro estanque con el agua residual sin planta acuática como tratamiento testigo.

2.2. Medida de los sistemas

Se tomó en cuenta la metodología usada por Suárez A. & Agudelo R. (2014), que utilizaron dos estanques de 50 cm de largo, 35 de ancho y 30 cm de altura usando grava de 9 mm y 12.5 mm. Por ello que este estudio se usó también 2 estanques con similar medida (40 cm de largo, 35 cm de altura y 30 cm de ancho y otra de mayor tamaño (50 cm de largo, 40 cm de altura y 30 cm de ancho).

2.3. Obtención de los estanques

Luego de saber las medidas de los estanques se diseñaron y se instalaron los accesorios de agua (tubos y uniones de ½ pulgada, pegamento y llaves de derrame de agua), finalmente se implementaron teniendo en cuenta que los estanques estén bajo

sombra y llegue la radiación solar, para la adaptación y desarrollo natural de las especies vegetales.

2.4. Identificación y recolección de las especies

Tanto *Z. aethiopica* y *N. officinale*, fueron identificadas a través de sus hojas en laboratorio del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sostenible de Ceja de Selva de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Nasturtium officinale fue recolectada en una quebrada con corriente de agua y colocada en una bolsa negra, y *Zantedeschia aethiopica* fue recolectada de un humedal natural.

2.5. Implementación de los sistemas de Tratamiento para cada una de las especies

Se recogió el agua residual doméstica del punto de descarga y se alimentó al estanque de 0.060 m³ de su volumen hasta el 90 %. Luego se colocó el filtro en los 2 estanques de menor tamaño tomando en cuenta el método de Suárez A. & Agudelo R. (2014), que consistió en agregar un 1 kg de carbón, 3kg de arena gruesa y 5.5 kg de grava, con la finalidad de que los residuos sólidos significativos sean atrapados.

Se seleccionó las especies acuáticas utilizando el método comprobado por García, Z. (2012), seleccionando las plantas más grandes y jóvenes de *Nasturtium officinale* de color verdoso y de manera similar la *Zantedeschia aethiopica*. Para la aplicación de las plantas a los estanques, según García, Z. (2012), que indica lavar el tallo de las especies con agua limpia luego pesarlos para que tengan el mismo peso húmedo.

2.6. Toma de muestra

Se tomaron en envases de plástico oscuro las muestras iniciales diariamente durante 7 días, se esperó 10 días el tiempo para la adaptación de las especies, luego teniendo en cuenta el tiempo de retención hidráulica de 10 días, se cambió 2 veces el agua de los estanques en último después del muestreo, sabiendo que el muestreo fue cada 5 días.

2.7. Análisis fisicoquímicos de las muestras en laboratorio

2.7.1. Análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se utilizó el siguiente procedimiento, de la AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, (2012), de acuerdo a las metodologías escritas por APHA, AWWA, WPFC, (1998).

- Se calentó el digestor del análisis de la Demanda Química de Oxígeno (2h a 150°C).
- Luego se cogió 100ml de las muestras de agua.
- A continuación, se vertió 02ml de la muestra de

agua alrededor de los tubos con solución de digestión luego se colocó en el equipo digestor durante 02h a 150°C.

- Se puso a enfriamiento por 20 minutos.
- Finalmente se colocó en el espectrofotómetro para hacer la respectiva lectura.

2.7.2. Análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se utilizó el siguiente procedimiento, de la AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, (2012), de acuerdo a las metodologías escritas por APHA, AWWA, WPCF, (1998).

- Con una pipeta se colocó 1ml de los reactivos Buffer Sulfato, Sulfato de Magnesio, Cloruro de Calcio y Cloruro Férrico en un vaso de vidrio.
- Y luego se oxigenó la dilución con un aireador por 20 minutos.
- Seguidamente se tomó los volúmenes de la muestra de acuerdo al volumen de las botellas Winkler y se aforó con agua de dilución.
- Después se hizo un blanco con el fin de medir la concentración de oxígeno disuelto de las muestras y se luego se tapó las botellas..
- Finalmente se colocó las botellas en una incubadora por 05 días, y pasado ese tiempo se midió nuevamente y se anotó la lectura.

Para determinar la concentración de DBO₅ mg/l O₂ de en las muestras, se utilizó la siguiente ecuación:

$$DBO_{5(\frac{mg}{L})} = \frac{OD_{INICIAL} - OD_{FINAL}}{t} (V)$$

Dónde:

OD_{INICIAL} = Concentración inicial de Oxígeno Disuelto (mg/L)

OD_{FINAL} = Concentración final de Oxígeno Disuelto (mg/L)

V = Volumen Total (L) del frasco de vidrio

t = Volumen tomado de la muestra (L) de agua residual

2.7.3. Eficiencia de las especies *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale*

Para calcular la eficiencia se utilizó la fórmula que emplearon Chuchón M., & Aybar E., (2008).

$$E = ((S_0 - S) / S_0 \times 100\%)$$

Donde:

S₀ :Concentración Inicial

S :Concentración Final

III. RESULTADOS

Tabla 1

Eficiencia de las plantas acuáticas y el tratamiento testigo

	Tratamiento Testigo	Z.	N.
		<i>aethiopica</i>	<i>officinale</i>
DQO	7%	99%	87%
DBO ₅	2.8%	79%	72%
Turbidez	4.6%	91.3%	85.2%
OD	3.60%	30%	13%
pH	4.64	7.51	7.64

En la tabla 1, se representa los porcentajes de remoción de la concentración de la materia orgánica (DBO₅ , DQO) donde *Zantedeschia aethiopica* obtuvo mayor porcentaje de remoción que *Nasturtium officinale* de igual manera para el Oxígeno Disuelto y Turbidez, y para el pH ambos alcanzaron neutralizar el pH del agua residual doméstica.

Tabla 2

Análisis de la DQO con la T- Student

	Valor de prueba = 200					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
N. <i>officinale</i> - DQO	72,872	6	0,000	-196,4386	-203,035	189,843
Z. <i>aethiopica</i> - DQO	-8,474	6	0,000	-175,2057	-225,798	124,614

Se infiere que la planta *Z. aethiopica* es eficiente para remover la DBO₅ de las aguas residuales domésticas del distrito de Levanto con respecto al D.S. N° 003-2010-MINAM, y, por tanto, cumple con el LMP (100 mg/L de O₂).

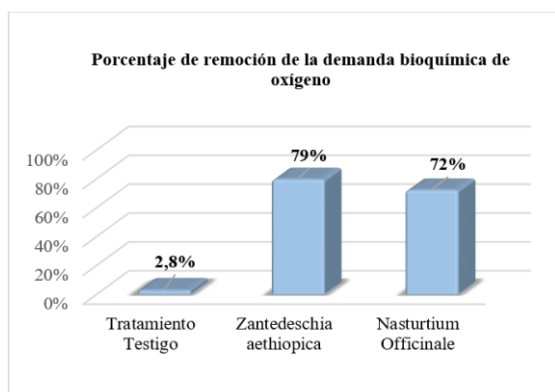
Se infiere que la especie *Nasturtium officinale* no es eficiente para remover la DBO₅ de las aguas residuales domésticas del distrito de levanto con respecto al D.S. N° 003-2010-MINAM, y, por lo tanto, no cumple con el LMP (100 mg/L de O₂).

Tabla 4
Comparación entre *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale*

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilate)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza	
								Inferior	Superior	
DQO	Se asumen varianzas iguales	5,032	0,045	1,029	12	0,324	11,9000	11,5666	-6	37,1016
	No se asumen varianzas iguales			1,029	6,048	0,343	11,9000	11,5666	0	40,1480
DBO ₅	Se asumen varianzas iguales	4,055	0,067	0,982	12	0,346	7,4714	7,6118	-9,1132	24,0561
	No se asumen varianzas iguales			0,982	7,879	0,355	7,4714	7,6118	10,1283	25,0712

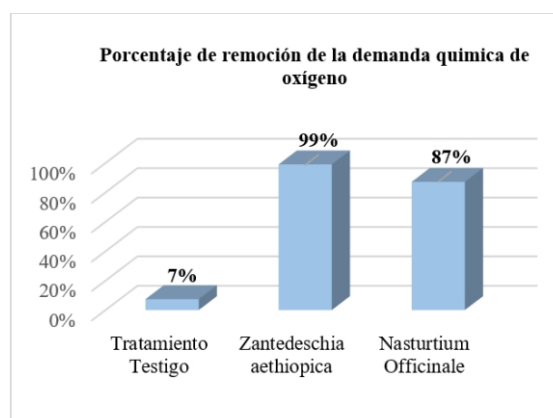
Se infiere que la planta acuática *Zantedeschia aethiopica* no es más eficiente que *Nasturtium officinale* para remover compuestos orgánicos de las aguas residuales domésticas del distrito de Levanto.

Figura 2
Porcentaje de remoción de la DBO₅



En la Figura 2, se observa la remoción de la DBO₅ en porcentajes, aplicando *Z. aethiopica* se logró remover un 79 % con la diferencia que aplicando la especie *N. officinale* se logró un 72% esto dicho y el tratamiento testigo con un 2.8%.

Figura 3
Porcentaje de remoción de la DQO



En la Figura 3, se representa la remoción de la DQO en términos de porcentaje después de tratamiento aplicando *Z. aethiopica*, se logró remover un 99% con la diferencia que aplicando la especie *N. officinale* se logró un 87%.

IV. DISCUSIÓN

En cuanto a la figura 2, de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, la especie *Z. aethiopica* logró una eficiencia de 79%, en cambio con la especie *N. officinale* se logró remover la Materia Orgánica sólo un 78 %, y estos valores fueron corroborados por Morales, G. *et al.*, (2013), que realizaron un estudio en un periodo de 30 días la posibilidad de sustituir especies de plantas comunes por especies ornamentales como *Z. aethiopica*, para tratar aguas residuales domésticas, obtuvieron la remoción de materia orgánica hasta 80 - 86% para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Raymundo Montes, J. R. (2017), donde realizó una comparación de dos experimentos con la especie *N. officinale* en dos lugares diferentes y los resultados fueron que el humedal natural de Sapallanga (Junín, Perú), presentó una disminución de 60.87% en

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), en comparación del humedal natural de La Rivera (Junín, Perú) presentó una remoción de 50% en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5). Demostrando que las concentraciones obtenidas en la presente investigación están dentro del rango de los resultados que lograron los autores en su estudio, lo que indica que ambas especies son eficientes para tratar aguas residuales.

La remoción de la concentración de los contaminantes en la DQO como se muestra en la figura 3 fue más alta con la planta acuática *Zantedeschia aethiopica* con un 99% ante un 87% con la especie *Nasturtium officinale*. Los resultados obtenidos se corroboran con la investigación de Suárez A. & Agudelo R. (2014), que construyeron a escala piloto dos humedales empleando recipientes de 50cm por 35 cm por 30 cm, para el tratamiento utilizaron sustrato de grava mixta.

En el proceso de descontaminación del agua residual de la empresa de cuero para un humedal usaron la especie *Z. aethiopica*, por un periodo de 30 días, en ese lapso lograron disminuir la concentración entre los 52 y 78% de DQO.

Montes, (2017), realizó una comparación de dos experimentos con la especie *N. officinale* en dos lugares diferentes y los resultados fueron que el humedal natural de Sapallanga (Junín, Perú), presentó una disminución de 46.67% en Demanda Química de Oxígeno (BQO), en comparación del humedal natural de La Rivera (Junín, Perú) que presentó una disminución de 31.71% en Demanda Bioquímica de Oxígeno (BQO).

V. CONCLUSIONES

Se determinó la eficiencia de *Z. aethiopica* y *N. officinale* y ambas son eficientes en la remoción de DQO sabiendo que el valor Límite Máximo Permisible es (200 mg/L de O_2), a diferencia que en la DBO_5 resultó que *Zantedeschia aethiopica* es eficiente y *Nasturtium officinale* no lo es, sabiendo que su valor del Límite Máximo Permisible es (100 mg/L de O_2).

Se comparó la eficiencia de ambas especies de plantas acuáticas con la prueba T - Student, de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos analizados de DBO_5 y DQO, se afirma que ambas plantas acuáticas tanto *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale* son eficientes para remover la concentración de la materia orgánica de las aguas residuales domésticas.

Zantedeschia aethiopica alcanzó un 89% en remoción de contaminantes orgánicos, a diferencia de *Nasturtium officinale* obtuvo un 79.5%.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th Edition. Washington, APHA, AWWA, WWCF, 1992. pág 2-57
- Correia, G. T., Gebara, D., & Matsumoto, T. (2013). *Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado trifásico con circulación interna* Phosphorus removal in different wastewater by fluidized bed airlift reactors with internal circulation, 172–182.
- Carballeira, T., Ruiz, I., & Soto, M. (2016). *Effect of Plants and Surface Loading Rate on the Treatment Efficiency of Shallow Subsurface Constructed Wetlands*. Ecological Engineering, 90, 203-214
- Chuchón Martínez, Saúl A., & Aybar Escobar, Carlos A. (2008). *Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá", Ayacucho, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Ecología Aplicada, Lima – Perú. Pág. 2.
- Garrido, C. P., Rodríguez, M. L., & García, G. R. D. (2013). *Tratamiento de aguas*.
- García, Z. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, p 9- 16.
- Morales, G., López D., Vera I. & Vidal G., (2013). *Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutriente contenidos en aguas servidas*. Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental, Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. Pág 33-46.
- Suárez Escobar, A. F., & Agudelo Valencia, R. N. (2014). *Tratamiento de agua residual procedente de la industria de curtiembres mediante humedales subsuperficiales usando Zantedeschia aethiopica*. Pág 1-6. AVANCES: Investigación en Ingeniería Vol. 11 – N°. 1

- Raymundo, M., (2017). *Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado la Punta – Sapallanga-Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Reed, S., Crites, R., & Middlebrooks, E. (1995). *Natural Systems for Waste Management and Treatment (2nd ed.)*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Romero, M., Colín, E., & Sánchez, E., (2009). *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la carga orgánica*. Revista internacional de Contaminación Ambiental. Pág. 157-167.